
Des consignes aux activités des élèves – une étude de cas sur les phases de la Lune en Cycle 3

From instructions to student's activities. A case study concerning Moon phases at « Cycle 3 »

Karine Bécu-Robinault et Olivier Robin

**Édition électronique**

URL : <http://journals.openedition.org/educationdidactique/2826>

DOI : 10.4000/educationdidactique.2826

ISSN : 2111-4838

Éditeur

Presses universitaires de Rennes

Édition imprimée

Date de publication : 31 décembre 2017

Pagination : 31-54

ISBN : 978-2-7535-7319-2

ISSN : 1956-3485

Référence électronique

Karine Bécu-Robinault et Olivier Robin, « Des consignes aux activités des élèves – une étude de cas sur les phases de la Lune en Cycle 3 », *Éducation et didactique* [En ligne], 11-3 | 2017, mis en ligne le 31 décembre 2019, consulté le 03 janvier 2020. URL : <http://journals.openedition.org/educationdidactique/2826> ; DOI : 10.4000/educationdidactique.2826

Tous droits réservés

DES CONSIGNES AUX ACTIVITÉS DES ÉLÈVES – UNE ÉTUDE DE CAS SUR LES PHASES DE LA LUNE EN CYCLE 3

*Karine Bécu-Robinault
UMR ICAR, ENS de Lyon
Olivier Robin
Conseiller pédagogique*

Cette recherche est une étude de cas réalisée en classe de CM2 lors d'une séquence visant à expliquer les phases de la Lune. Dans notre étude, nous nous sommes focalisés sur les consignes, considérées comme des incitations à l'action de l'enseignant, en relation avec les activités des élèves. Nous avons étudié en quoi les caractéristiques des consignes en termes de modélisation et de représentations sémiotiques influencent les éléments pris en compte par les élèves dans leurs productions orales et écrites. Nous mettons notamment en évidence le fait que les élèves mobilisent préférentiellement le niveau des objets à celui du modèle et que les représentations sous forme de dessins sont également privilégiées.

Mots-clés : consignes, modélisation, représentation sémiotique, activité des élèves, phases de la Lune.

From instructions to student's activities. A case study concerning Moon phases at « Cycle 3 »

This research is a case study in a fifth grade class during a teaching sequence aiming to explain the Moon phases. In our study, we focused on the teacher's instructions, considered as actions prompts, in relation to the student's activities. We investigated how the characteristics of instructions in terms of modeling and semiotic registers influenced the elements taken into account by the students to produce oral and written answers. We especially highlight that students preferentially mobilize the object level to that of the model, and that the register of the drawing is predominating in answers.

Keywords: instructions, modelling, semiotic representations, student's activity, Moon phases.

INTRODUCTION

La recherche présentée dans cet article trouve ses origines au croisement des intérêts d'un conseiller pédagogique et d'une chercheuse en didactique sur la manière dont les enseignants mettent les élèves au travail en classe de sciences. En effet, les observations régulièrement réalisées en classe par le conseiller pédagogique en primaire révélaient très souvent que de nombreux élèves ne parviennent pas à traduire la question posée par l'enseignant en une expérience à réaliser ou une analyse de document. Parallèlement, des résultats de recherche en didactique montraient que pour produire une réponse s'appuyant sur un dispositif, une donnée expérimentale ou un concept, il est indispensable que les informations préalablement fournies par l'enseignant mentionnent explicitement ces éléments (Bécu-Robinault, 2015). Ces constats issus de la pratique et de la recherche portent sur une même difficulté, à savoir la manière dont les élèves interprètent les consignes de l'enseignant pour produire une réponse. De nombreux travaux en didactique ont fourni des explications à ces difficultés sur la base du contrat didactique et du milieu (Amade-Escot & Venturini, 2009). Les consignes constituent une des composantes du milieu sur lequel nous avons souhaité focaliser notre attention à travers un mémoire de master (Robin, 2015). Notre approche vise à étudier les éléments explicitement désignés (les objets, les modèles) dans les consignes, ainsi que les systèmes de signes mobilisés pour communiquer ces éléments.

Cette recherche s'inscrit dans un projet plus vaste sur les ruptures et continuités de l'enseignement des sciences du primaire au collège¹ qui a nécessité de choisir un objet d'enseignement commun à l'enseignement de la physique au CM2 et en cinquième, à savoir l'explication des phases de la Lune. Cet article propose une analyse de la séquence élaborée et mise en œuvre par l'un des enseignants de CM2. L'explication des phases de la Lune est un objet d'enseignement relevant de l'astronomie (et de la physique dans le cadre scolaire) qui est l'un des plus complexes à saisir et à enseigner, puisqu'il nécessite de combiner deux points de vue sur la Lune, géocentrique et allocentrique (Suzuki, 2003). De plus, la compréhension de ce phénomène nécessite de maîtriser et d'articuler de nombreuses notions : il faut savoir que la Lune est sphérique, avoir intégré les diamètres relatifs des trois astres (Terre / Lune /

Soleil) ainsi que les distances les séparant, mettre en évidence les positions relatives des astres, avoir identifié la source de lumière éclairant la Lune et établir le lien entre la partie éclairée de la Lune visible depuis la Terre et la position de la Lune sur son orbite terrestre (Chastenay, 2013 ; Barnett & Morran, 2002). Une autre difficulté d'enseignement tient à ce que les seules observations des formes successives de la Lune ne suffisent pas pour expliquer l'origine de ses phases. Ce phénomène se déroule dans un espace tridimensionnel dont les dimensions dépassent largement les capacités de déplacement des élèves. Il est donc nécessaire de compléter les observations réelles par l'élaboration de maquettes ou l'utilisation de simulations dont le fonctionnement se doit de respecter des règles relatives aux éléments de savoirs (Bell & Trundle, 2008 ; Dove, 2002). Ainsi, expliquer les phases de la Lune requiert à la fois d'articuler différents types de savoirs et de mettre en relation des observations quotidiennes avec des maquettes ou des simulations. La complexité de cet objet de savoir explique les difficultés rencontrées par les élèves, qui se manifestent par des explications non conformes au point de vue scientifique. De très nombreuses études ont documenté ces conceptions, par exemple sur les orbites, tailles et périodes de révolution des astres, leurs distances relatives, la forme propre de la Lune, la source de la lumière, l'origine de la forme observée de la Lune (ombre de la Terre ou d'autres astres, présence de nuages, changement de forme de la Lune (Chastenay, 2013 ; Jones, Lynch & Reesink, 1987 ; Roald & Mikalsen, 2001).

Face à la complexité des savoirs à articuler et aux nombreuses difficultés rencontrées par les élèves, il est illusoire de proposer des stratégies simples d'enseignement pour donner à comprendre à de jeunes élèves l'origine des phases de la Lune. Il nous est toutefois apparu important de comprendre comment un enseignant donne à étudier cet objet de savoir à travers les consignes écrites et orales, et en quoi ces consignes peuvent orienter les élèves vers la prise en compte d'éléments de savoir spécifiques ou leur articulation.

DES CONSIGNES À L'INCITATION À L'ACTION

Au cours de précédentes recherches (Bécu-Robinault, 2007 ; Bécu-Robinault, 2016 ; Boivin-Delpieu & Bécu-Robinault, 2015), nous avons mis

en évidence des cultures variées sur la manière dont les enseignants « mettent les élèves au travail ». Cette mise au travail est habituellement qualifiée de consignes, instructions, tâches, conseils, recommandations et vise à faire agir les élèves sur la base d'une interprétation du discours de l'enseignant (Sensevy & Quilio, 2002). Nous avons initialement souhaité focaliser notre étude sur les consignes relatives aux démarches d'investigation en primaire². En effet, nombre de travaux révèlent une difficulté des enseignants à élaborer et mettre en œuvre des consignes dans ce contexte (Morge & Boilevin, 2007 ; Marlot & Morge, 2016).

Les consignes ne sont pas des objets limités au champ scolaire (Rivière, 2006 ; Fillietaz, 2009). Comme d'autres textes orientés vers l'action sociale elles peuvent être définies sur la base de régularités linguistiques (Péry-Woodley, 2001). Dans la lignée de Adam (2001a), nous proposons de catégoriser ces consignes comme étant des discours d'incitation à l'action. Cette macro-catégorie regroupe des textes qui vont du conseil à la consigne, en passant par les recommandations, les prescriptions, et les instructions procédurales (Adam, 2001b). Cette macro-catégorie nous permet d'intégrer à notre étude, non seulement les consignes initialement préparées par l'enseignant et pouvant être fournies à l'oral ou à l'écrit, mais aussi tous les discours visant à orienter l'activité des élèves au cours des séances, tels les conseils, les procédures à suivre, les reformulations (Bécu-Robinault, 2016). Ce choix s'inscrit dans la continuité d'autres recherches sur le rôle de la consigne précisant qu'il n'est pas possible de se limiter aux seules instructions écrites. Pour Fillietaz (2009), d'autres discours de consignes, essentiels à la mise en activité des élèves, apparaissent lors de l'interaction, comme les consignes orales et gestuelles (non considérées dans cette étude). Ces consignes viennent compléter, enrichir les consignes écrites, car elles ne véhiculent pas des informations identiques (Rivière, 2006). Cela ne signifie pas qu'il faille tenir compte de tous les contenus propositionnels de l'enseignant, car tous ne sont pas orientés vers la mise en œuvre d'actions adaptées à un but prédéfini (Heurley, 2001). Nous retiendrons donc les discours d'incitation à l'action de l'enseignant comme étant ceux qui visent à faire faire quelque chose aux élèves :

« il s'agira de faire-faire quelque chose à quelqu'un, de l'y inciter plus ou moins fortement, de lui garantir

la vérité des informations fournies, et autre aspect du contrat implicite qui lie les interactants, de lui garantir que s'il se conforme aux consignes-instructions, s'il respecte les procédures indiquées, il parviendra au but visé » (Adam, 2001b, p. 26).

Par exemple, comme nous l'analyserons plus loin dans cet article, lorsque l'enseignant dit « je vais vous demander vous de dessiner la Lune dans l'espace comme vous pensez d'accord, vous ne pouvez pas vous tromper », il incite les élèves à produire un dessin (action = dessiner), sur la base d'un contrat didactique implicite donnant le droit à l'erreur (« vous ne pouvez pas vous tromper » signifie en réalité que les dessins ne seront pas corrigés), la procédure étant ici de s'appuyer sur ce que les élèves pensent (et non ce qu'ils auraient pu observer). Ainsi, les consignes participent à la double sémiotisation des objets (Schneuwly, 2000), l'enseignant rendant tout d'abord l'objet d'enseignement présent sous différentes formes, puis orientant l'attention des élèves vers les caractéristiques essentielles des objets à étudier.

En classe, les discours d'incitation à l'action peuvent prendre des formes très variées : fiches à compléter, conseils oraux, consigne partiellement écrite ou synthétisée au tableau, négociation de l'activité à conduire à partir des formulations des élèves. Au cours de notre projet, les enseignants des classes de CM2 observées faisaient passer les consignes à la fois à l'écrit et à l'oral, le plus souvent en découpant l'activité en une succession d'actions en lien avec les étapes institutionnelles de la démarche d'investigation. Une interprétation possible à cette fragmentation de la consigne tient à la volonté des enseignants d'élaborer des instructions s'appuyant sur les idées préalables des élèves, ce qui requiert de les élaborer progressivement, au cours de l'activité en classe, en prenant régulièrement des informations sur leur compréhension de la situation (Boivin-Delpieu *et al.*, 2015).

Les consignes et leur mode de passation pilotent les savoirs et les éléments de la situation expérimentale qui seront étudiés par les élèves (Bautier & Goigoux, 2004). En effet, le type de support utilisé et la gestion de classe associée au travail demandé ou encore le choix de l'oral ou de l'écrit impliquent une visibilité différente des contenus scientifiques à mobiliser et de la démarche à suivre. Si un document écrit sur papier donne à voir l'intégralité du

déroulement de la séance, ce n'est pas le cas quand la consigne est donnée à l'oral ou écrite progressivement au tableau, ou à chacun des groupes à l'oral, les instructions pouvant alors être adaptées en fonction des réponses apportées par les élèves. Au cours des séances, l'enseignant interagit avec les élèves, prélève des informations sur les productions réalisées et les difficultés. Il en résulte de nouvelles consignes, que l'on peut qualifier de consignes renégociées ou reformulées : en effet, sauf exception (Bécu-Robinault & Lund, 2009), ces consignes données à l'oral ne sont pas anticipées avant le cours. Elles émergent de l'interaction en temps réel entre l'enseignant et les groupes d'élèves, offrant des opportunités d'apprentissage en fonction des éléments du milieu (Debars & Amade-Escot, 2006). Ainsi, les discours d'incitation à l'action contribuent pleinement au processus de double sémiose décrit par Sensevy (2011), impliquant les éléments du milieu qui dépassent les intentions du professeur et le contrat didactique qui permet à l'élève d'appréhender le problème posé. Nous pouvons donc étudier, dans le comportement de l'enseignant et plus particulièrement les discours d'incitation à l'action, ce qui constitue une source de la conduite des élèves. Ces discours étant produits dans un milieu donné, au sein duquel les interactions entre enseignant et élèves sont assujetties au contrat didactique, il convient d'adjoindre à cette analyse le fait que le milieu des élèves est progressivement construit, et d'explicitier les effets potentiels du contrat didactique (Marlot, 2014).

CADRE ÉPISTÉMO-SÉMIOTIQUE

Modélisation

Cette recherche s'inscrivant dans le champ de la didactique de la physique, nous avons souhaité analyser les discours d'incitation à l'action et leurs effets sur les activités des élèves en prenant appui sur la manière dont les savoirs en physique sont construits. C'est donc un point de vue épistémologique lié à la modélisation qui a guidé nos analyses (Bachelard, 1979 ; Halbwachs, 1974). Il est possible de caractériser le fonctionnement de la physique comme la recherche de relations entre les objets, les phénomènes qu'elle étudie (dans notre cas, par exemple, les astres, le rayonnement) et les concepts et les lois permettant d'expliquer, d'interpréter, de prédire ces

phénomènes (ici, les lois de la mécanique, de l'optique géométrique). Ces relations de modélisation, fondatrices de l'élaboration des savoirs en physique, sont aussi au cœur de l'enseignement et de l'apprentissage de cette discipline. Elles sont étudiées selon différentes approches, que nous précisons brièvement ci-dessous.

Dès le milieu des années 1980, la communauté de recherche en didactique des sciences s'est intéressée aux activités de modélisation comme essentielles pour enseigner et apprendre les sciences. Deux courants de recherche ont émergé. Le premier (Martinand, Astolfi, Chomat, Drouin, Genzling *et al.*, 1992) est tourné vers l'étude des caractéristiques des situations scolaires et des outils cognitifs favorisant les démarches de modélisation. Le deuxième courant (Tiberghien, 1994 ; Bécu-Robinault, 2004) a pour objectif d'étudier la construction du sens en situation et s'appuie sur des hypothèses relatives aux fonctionnements du savoir enseigné et des connaissances des élèves. C'est dans ce deuxième courant que nous avons élaboré le cadre épistémo-sémiotique (Bécu-Robinault, 2015) et que nous inscrivons la présente recherche.

L'analyse de la modélisation proposée par Tiberghien distingue deux mondes : le monde des objets et événements et le monde des théories et modèles. Le monde des objets et événements n'est constitué que des objets matériels et des événements perceptibles. Ces objets peuvent être des objets « scientifiques », construits ou reconstruits selon les besoins de la situation, généralement dans l'objectif de faciliter leur manipulation par les élèves (certains des objets sont même de purs produits scolaires, comme la maquette de l'œil, ou les lanternes d'optique). Ces objets, pensés pour faciliter la relation entre les phénomènes observés et les modèles étudiés, ont souvent été décriés par les didacticiens, car ils favorisent des démarches du type « monstration » (Johsua & Dupin, 1993) ou provoquent des confusions entre les objets manipulés et leur modélisation (Gaidioz, Vince & Tiberghien, 2004). Les objets étudiés peuvent également être des objets de la vie quotidienne, la difficulté étant alors de sélectionner et d'isoler les fonctions de ces objets à mettre en relation avec les savoirs enseignés. La description de ces deux types d'objets et les événements associés se fait soit dans une langue scientifique, soit dans une langue quotidienne.

Dans cette approche, les explications et les prédictions produites par les élèves relèvent soit de théories et modèles scientifiques, soit de théories naïves (Tiberghien, 2004). Ainsi les activités de modélisation mises en œuvre dans la vie quotidienne ne sont pas forcément en adéquation avec le point de vue scientifique. L'intérêt de cette approche est de permettre la caractérisation des discours des enseignants et des élèves selon qu'ils relèvent de la physique ou de la vie quotidienne. De plus, les difficultés rencontrées par les élèves peuvent être mises en relation avec des hypothèses fondées sur le fonctionnement de la physique. Par exemple, les descriptions attendues dans l'enseignement de la physique concernant les objets et événements ne sont pas assimilables aux descriptions usuelles dans la vie quotidienne. Le passage d'une description en langue quotidienne à une description dans une langue scientifique peut être plus ou moins complexe (Scott, Leach, Hind & Lewis, 2006). Les objectifs de l'enseignement sont d'aider peu à peu les élèves à franchir ce passage, en mobilisant des connaissances relevant des théories et modèles de la physique. Ainsi, c'est bien dans cette mise en relation des concepts, lois scientifiques et des objets et événements que se situe la difficulté essentielle d'apprentissage (Tiberghien & Vince, 2005). Par exemple, concernant l'étude des phases de la Lune, nous pouvons anticiper les difficultés des élèves à mettre en relation les formes observées de la Lune avec la sphère utilisée pour représenter cet astre dans la maquette qui matérialise le modèle (Roald *et al.*, 2001). De même, s'il est usuel de décrire la Lune comme brillant la nuit, cela ne signifie pas que la Lune est une source primaire de lumière (Grieshaber, 2008).

Il est possible d'opérer un découpage des deux mondes, en niveaux de modélisation selon les activités proposées aux élèves et le niveau d'enseignement (Bécu-Robinault, 2015). Ce découpage en niveaux de modélisation ne doit pas être assimilé à une hiérarchie croissante de complexité des activités (le niveau du modèle physique étant le niveau de traitement d'information le plus complexe). Il est un outil donnant à comprendre ce que les élèves étudient à travers les actions réalisées (échanges au sein d'un groupe, production écrite). Lors de précédents travaux (Bécu-Robinault, 2004), nous avons décomposé le monde des théories et modèles selon trois niveaux : théorie, modèle mathématique et modèle physique. Le monde des objets et des évène-

ments comportait deux niveaux, celui des objets et des événements et celui de la mesure. Par rapport au thème abordé dans cette séquence (les phases de la Lune) et au niveau de classe concerné (CM2), il semble *a priori* pertinent de se limiter à deux niveaux de modélisation : celui des modèles (incluant celui des théories) et celui des objets et des événements (ci-après désigné par « objets »).

Du point de vue des activités de modélisation, les consignes d'une séquence d'investigation, considérées comme incitations à l'action, peuvent jouer plusieurs rôles au cours des activités des élèves (Tiberghien, 2011). En conviant les élèves à observer, décrire ou prévoir des éléments relatifs aux niveaux des modèles ou des objets et événements, la consigne engage les élèves à se focaliser sur certains éléments et en minorer d'autres. L'explication des phases de la Lune requiert d'articuler des savoirs sur les mouvements des astres, sur la diffusion de la lumière et la vision des objets : la consigne peut par exemple prendre en compte la rotation de la Terre autour du Soleil ou non, la position de l'observateur dans l'espace. La consigne peut aussi inciter à établir des relations entre les niveaux de modélisation en sollicitant des raisonnements inductifs ou hypothético-déductifs : par exemple la Lune (niveau des objets et événements) ayant été catégorisée comme étant un corps opaque (catégorie construite au préalable pour classer les objets et prévoir leur comportement, ce qui relève donc du niveau du modèle), il faut identifier ce qui joue, au niveau des objets et événements, le rôle de source de lumière (catégorie relevant du niveau du modèle).

Enfin, dans le souci d'éviter de donner la réponse en même temps qu'il formule la question, il est très probable que l'enseignant ne formule pas une consigne strictement conforme à la réponse attendue. Cet attachement de l'enseignant à ne pas dévoiler ce qu'il faut apprendre au moment de la passation de la consigne a été montré par Brousseau (1998) et qualifié ensuite par Sensevy et Quilio (2002) de « réticence didactique ». Ainsi, afin de ne pas imposer une activité qui ne serait pas comprise des élèves, le professeur « est donc contraint à tenir par-devers lui certaines des choses qu'il veut enseigner, et à engager les élèves dans des rapports aux milieux qui leur permettront de passer outre ce silence » (Sensevy *et al.*, 2002, p. 50). Un objectif de l'enseignement étant d'articuler les objets et phénomènes étudiés et les modèles permettant de les expliquer ou de les

prévoir, nous pouvons donc émettre l'hypothèse que les discours de l'enseignant devront s'abstenir d'explicitement toutes les relations, de manière à ce que les élèves élaborent des connaissances en prenant appui sur un milieu adéquat.

Par conséquent, les informations présentées et donc les niveaux de modélisation dans la consigne ne seront pas nécessairement identiques à ceux attendus par l'enseignant pour fournir une réponse adéquate. Afin de mettre en évidence les liens potentiels entre les caractéristiques des consignes, les attendus de l'enseignant et les activités des élèves, il conviendra de produire pour chaque consigne, une analyse en termes de niveaux de modélisation formulés et attendus par l'enseignant, puis de comparer cette analyse avec les niveaux de modélisation mobilisés dans les productions des élèves. Cette analyse doit être située dans le contexte de production des consignes et des réponses des élèves.

Représentations sémiotiques

Afin de compléter cette analyse en termes de niveaux de modélisation, nous avons choisi, conformément à notre cadre épistémologique-sémiotique, d'analyser les représentations sémiotiques mises en œuvre par l'enseignant et les élèves (Duval, 1995 ; Kress, Jewitt, Ogborn & Tsatsarelis, 2011). Ces représentations externes, supports de communication des modèles, objets et événements étudiés, sont supposées aider la mémorisation, fournissant une information qui peut être directement perçue et utilisée sans interprétation, fondant et structurant le fonctionnement cognitif, et changeant la nature de la tâche assignée aux élèves (Zhang & Norman, 1994). Par exemple, les représentations externes peuvent expliciter certains éléments du modèle (schéma respectant les distances entre les astres et fixant les positions de la Terre et du Soleil), de manière à ce que les élèves en proposent seulement une autre (rotation de la Lune autour de la Terre). La tâche est alors facilitée aux élèves, ce qui peut aussi être interprété dans le cadre du processus de sémiotisation (Schnewly, 2000). Vézin (1986) avait également mis en évidence que le schéma, parce qu'il oriente l'étude sur des caractéristiques d'une classe d'objets ou de phénomènes, est un instrument de généralisation contrairement au dessin illustratif qui désigne un objet dans ce qu'il a de particulier. Les modèles et les objets étant étudiés

sur la base de ces représentations sémiotiques, il est donc essentiel de caractériser ces dernières afin de mettre en évidence les éléments des deux mondes pris en considération par l'enseignant et les élèves lors de leurs interactions (Bécu-Robinault, 2015). Ces représentations varient en fonction de la situation proposée par l'enseignant, des connaissances des élèves. Dans cette étude, nous avons choisi de concentrer nos analyses sur deux types de représentations sémiotiques, qu'il est possible d'associer soit au niveau des modèles (les schémas) soit au niveau des objets (les dessins). En effet, bien souvent en physique, le schéma vise à représenter le fonctionnement du système étudié : il sélectionne certaines propriétés physiques de la situation expérimentale (Vézin, 1986) et en occulte d'autres. Cette sélection de l'information à représenter, en fonction des connaissances en jeu est révélatrice de l'articulation existant entre le modèle, conceptuel et abstrait, et sa partie ostensive présente dans les schémas qui sont des représentations scientifiques (De Vries, 2007). Le dessin est davantage envisagé comme une représentation relativement fidèle de la réalité observée ne faisant pas référence à un modèle spécifique. Ainsi, l'analyse des représentations sémiotiques se combine avec celle des niveaux de modélisations dans le cadre épistémologique-sémiotique, permettant de renseigner à la fois les discours d'incitation à l'action de l'enseignant et les productions des élèves.

Au regard des éléments théoriques présentés dans cette première partie, il semble donc pertinent d'analyser ce qui, dans les discours d'incitations à l'action de l'enseignant (nous les désignerons par la suite, afin d'alléger notre texte, comme incitations à l'action ou consignes), permet aux élèves de mobiliser des éléments du modèle pour expliquer, prédire les phénomènes. Il ne s'agira pas de produire une analyse de bonnes pratiques, mais de montrer quelles sont les aides potentielles, portées par les incitations à l'action, sur les activités de modélisation des élèves. Nos analyses porteront donc sur les incitations à l'action de l'enseignant en relation avec la manière dont les élèves s'emparent des informations communiquées pour produire une réponse. Pour caractériser ces informations, nous étudierons notamment les niveaux de modélisation formulés dans les consignes orales et écrites, les représentations sémiotiques associées ainsi que les correspondances entre les niveaux de modélisation formulés dans la consigne et attendus par l'enseignant, et ceux utilisés par les élèves.

LA SITUATION ÉTUDIÉE

Données recueillies

La recherche dans laquelle s'inscrit notre étude concerne les pratiques ordinaires d'enseignants en banlieue lyonnaise (REP+), en lien avec des démarches fondées sur l'investigation du CM2 à la cinquième. Étudier des pratiques ordinaires revient, pour le chercheur, à accepter de ne pas intervenir ni dans la préparation ni dans le déroulement de la séquence (Calmettes, 2010). Nous nous intéressons plus spécifiquement dans cet article à un enseignant de CM2, titulaire de son poste depuis 3 ans. De formation universitaire scientifique, nous pouvons supposer qu'il maîtrise la complexité des contenus scientifiques en jeu dans cette séquence.

La séquence que nous analysons ici est dédiée au « Mouvement de la Lune autour de la Terre », thème figurant au programme officiel du cycle 3 en 2012. Le choix de cette séquence est lié à la variété

La séquence que l'enseignant a conçue se compose au total de cinq séances. Le tableau 1 récapitule les objectifs annoncés dans la fiche de préparation de l'enseignant, ainsi que les ressources mises à disposition des élèves au fil des séances pour réaliser les activités proposées. Ces ressources, éléments constitutifs du milieu, contribuent à donner du sens aux consignes de l'enseignant. Elles seront analysées du point de vue des niveaux de modélisation et des représentations sémiotiques.

Les données ont été recueillies au cours de l'année scolaire 2013-2014. Nous avons collecté les documents écrits donnés aux élèves (consignes écrites) et les traces des productions de tous les élèves (affiches collectives, feuilles à conserver dans le classeur). Ces données ont été complétées par la prise de vue vidéo fixe d'un groupe d'élèves au premier rang et la prise vidéo mobile de l'enseignant de manière à le suivre dans ses déplacements auprès des différents groupes d'élèves. Les contenus des échanges verbaux enregistrés sur vidéo ont été intégralement transcrits.

Tableau 1.

Organisation et contenus de la séquence étudiée. Les documents numérotés sont ceux présentés dans les analyses

Séances	Objectifs notionnels	Ressources mises à disposition des élèves
Séance 1	Recueil des conceptions des élèves sur la forme propre de la Lune et sur l'influence de la position de l'observateur	Documents 1 et 2
Séance 2	Confrontation des conceptions des élèves Recherche d'un protocole pour vérifier si les différentes formes apparentes de la Lune s'expliquent par la présence ou non de nuages	Les productions d'élèves de la séance 1
Séance 3	Remise en question de la conception relative aux nuages	Un calendrier lunaire Matériel pour réaliser une maquette : boule de polystyrène et coton
Séance 4	Mise à l'épreuve de la conception : <i>c'est parce que le Soleil n'éclaire pas tout qu'on ne voit pas toujours la Lune pareil</i>	Document 3 Matériel pour réaliser une maquette : boule de polystyrène, lampe de poche
Séance 5	Institutionnalisation	Les productions des élèves de la séance 4 Un calendrier lunaire Une animation du système Soleil / Terre / Lune vidéo-projetée

des ressources que l'enseignant avait prévu de mettre à disposition des élèves : document audio, dessin à compléter, élaboration de schéma, simulation, calendrier lunaire, observation naturelle, expérience avec une maquette. Cette variété laissait supposer une diversité des caractéristiques des incitations à l'action.

Les épisodes sélectionnés

Afin d'analyser les activités des élèves en relation avec les incitations à l'action, nous avons découpé les transcriptions des séances en **épisodes** (Mortimer, Massicame, Tiberghien & Buty, 2007). Un épisode débute à l'émission d'une consigne orale ou écrite, comprend la suite d'actions des élèves en réponse à

Tableau 2.
Les épisodes sélectionnés, les formes d'incitation à l'action et les supports de l'activité

Séance	Épisode	Résumé de l'incitation à l'action	Nombre d'étapes	Type d'incitation à l'action	Support de l'activité
Séance 1	Épisode 1.1	Dessine la Lune au niveau du petit point noir.	5 étapes	Collective orale Collective écrite	Document à compléter
	Épisode 1.2	Dessine ce que voyait Neil Armstrong depuis la fusée, et Mme M depuis la Terre.	3 étapes	Collective orale Collective écrite Individuelle orale	Réalisation d'un dessin
Séance 3	Épisode 3.2	Maquette avec une boule de polystyrène et du coton.	3 étapes	Collective orale Individuelle orale	Observation et dessin d'expérience
Séance 4	Épisode 4.1	Modélisation du système Soleil / Terre / Lune	2 étapes	Collective orale Collective écrite	Production d'un schéma

la consigne, et se termine lorsque l'enseignant met fin au travail en cours ou lorsqu'il émet une autre consigne. Ce choix exclut de l'analyse les moments d'échanges oraux collectifs ne permettant pas d'identifier une incitation à l'action de l'enseignant et la réponse des élèves. Dans certains épisodes, la consigne principale, orale ou écrite, est accompagnée de plusieurs reformulations ou compléments de consignes. Ces consignes reformulées mobilisent parfois des niveaux de modélisation différents et de nouvelles représentations sémiotiques (Bécu-Robinault, 2016). Il est donc intéressant de considérer ces éléments du discours de l'enseignant comme des incitations à l'action distinctes et de les étudier séparément. Par conséquent, le choix a été fait de décomposer chaque épisode sélectionné et analysé en **étapes** correspondant chacune à une forme d'incitation à l'action (Tableau 2). L'utilisation de la vidéo et des productions des élèves vient en appui à ce découpage des transcriptions en épisodes et étapes, afin d'affiner l'analyse des actions des élèves et de repérer les éléments du milieu mobilisés par les élèves ou l'enseignant.

Dans cette présentation, nous nous focaliserons sur quelques étapes des épisodes 1.1, 1.2, 3.2 et 4.1. Ce choix tient à notre volonté d'illustrer d'une part une variété de formes d'incitation à l'action (Tableau 2) : passation de consigne à l'oral, à l'écrit, à l'attention de la classe entière ou d'élèves individuels, en lien avec différents supports et ressources pour conduire l'activité et d'autre part l'évolution des incitations à l'action et des productions des élèves au fil des séances.

MÉTHODOLOGIE

Les critères d'analyse

Pour chacun des épisodes sélectionnés, nous avons produit une analyse mettant en évidence les niveaux de modélisation formulés et attendus par l'enseignant, et ceux mobilisés dans les productions des élèves. Une analyse en termes de représentations sémiotiques sera également conduite.

Deux niveaux de modélisation ont été retenus pour notre analyse : celui des modèles et celui des objets et événements. Ce sont à la fois les termes et expressions utilisés et les types d'informations fournis dans les documents et exprimés à travers les échanges qui nous permettent une catégorisation des niveaux de modélisation formulés, attendus et mobilisés. Des critères lexicaux et sémantiques nous permettent ainsi de catégoriser les consignes de l'enseignant et les productions des élèves comme relevant, soit du niveau du modèle, soit de celui des objets. Par exemple, dans le document 1 des flèches modélisent le trajet de la lumière, ce qui relève du niveau du modèle de l'optique géométrique. Sur ce même document figure un dessin de fusée, ce qui relève du niveau des objets. Ce document formule donc des incitations à l'action concernant les deux niveaux. Cette catégorisation est plus complexe à opérer quand il s'agit de la maquette à réaliser au cours de la séance 3 par exemple. En effet, un composant de la maquette peut être considéré comme seulement associé au niveau des objets et événements si l'on ne prend pas en compte les raisons qui ont conduit à choisir ce composant pour être intégré dans la maquette (par exemple la boule de polys-

tyrène pour la Lune). Il peut aussi être associé au niveau des modèles s'il est considéré comme simulant une propriété de cet objet étudié (la boule de polystyrène comme corps opaque, blanc, sphérique, simulant la forme sphérique de la Lune et sa capacité à réfléchir la lumière reçue). La catégorisation nécessitera donc, dans des cas comme celui-là, de considérer le contexte dans lequel les éléments sont formulés par l'enseignant et les élèves.

Outre les représentations en langage naturel qui sont utilisées pour l'expression de toutes les consignes, nous avons distingué deux types de représentations : les dessins et les schémas. Si le schéma est lié à un modèle, le dessin est envisagé comme une représentation relativement fidèle de la réalité observée ne faisant pas référence à un modèle spécifique (Bordon & Vaillant, 2001).

Ainsi, pour conduire notre recherche, en ce qui concerne les niveaux de modélisations (référence aux objet / événements ou aux théories / modèles) formulés par l'enseignant (NM-*for*), nous avons analysé les transcriptions des interactions et les documents fournis. Les niveaux de modélisation auxquels la réponse est attendue (NM-*att*) ont fait l'objet d'une analyse *a priori*. Nous avons envisagé ce qui devait être produit par les élèves pour répondre à la consigne formulée par l'enseignant. Par exemple, dans l'épisode 1.1, il était attendu des élèves qu'ils représentent la forme propre de la Lune (et non pas la forme perçue), ce qui relève du modèle (à noter que la forme perçue étant une observation, elle relève du niveau des objets et événements). Enfin, nous avons effectué pour les réponses des élèves (NM-*élève*) un travail similaire à celui produit pour les niveaux de modalisation formulés par l'enseignant. Cette analyse a été réalisée sur la base des transcriptions des échanges et des productions écrites des élèves.

Analyse *a priori* des modèles en jeu dans la séquence

Si les phases de la Lune sont l'un des phénomènes les plus faciles à observer, ses explications sont complexes. Elles nécessitent d'articuler des savoirs sur les mouvements des astres, sur la propagation, la diffusion de la lumière et la vision des objets. À l'issue de cette partie, les élèves doivent donc connaître les différentes phases de la Lune, savoir que ces phases se reproduisent toujours dans le même ordre avec la

même durée et qu'elles s'expliquent par la révolution de celle-ci autour de la Terre. Ils doivent enfin comprendre les phases de la Lune par une modélisation. Cette modélisation prend le plus souvent la forme d'une maquette simplifiée du système Soleil / Terre / Lune. Concernant les savoirs sur la lumière et la formation des ombres, les progressions officielles indiquent que les élèves en fin de CE2 doivent connaître les conditions d'obtention d'une ombre, et en fin de CM1 doivent savoir expliquer la variation de la forme de l'ombre d'un objet en fonction de la distance entre la source lumineuse et l'objet et de la position de la source lumineuse ainsi que les mouvements des planètes autour du Soleil. Ce bref panorama des progressions au cycle 3 indique donc que certains éléments de savoirs sont supposés avoir été étudiés au préalable. En réalisant une maquette, les élèves devront articuler ces savoirs tout en coordonnant deux points de vue sur la Lune pour comprendre les zones éclairées visibles depuis l'espace et depuis notre planète.

Dans cette séquence, outre des connaissances factuelles sur la forme sphérique des astres, leurs dimensions et distances relatives et l'identification de la source de lumière, deux modèles seront à mettre en œuvre et à articuler pour expliquer les phases de la Lune (Boivin-Delpieu, 2015). Le premier, relatif à la mécanique, permet d'interpréter et prédire la position relative des astres (Soleil / Terre / Lune) dans l'espace. C'est un modèle qui a été enseigné en CM1 et que l'enseignant suppose être connu des élèves. Nous le désignerons par modèle-position. Le deuxième, relevant du domaine de l'optique, est relatif à la condition de visibilité des objets par un observateur et à la propagation rectiligne de la lumière. Dans cette situation, il rend compte de la trajectoire rectiligne de la lumière émise par le Soleil, des zones éclairées ou non de la Lune, et de la visibilité de ces zones depuis la Terre. Ce modèle requiert de considérer la position de l'observateur. Nous le désignerons par modèle-optique.

RÉSULTATS

L'analyse de chaque épisode est organisée de la manière suivante : synopsis des étapes sélectionnées, analyses *a priori* des niveaux de modélisation attendus (NM-*att*), des niveaux de modélisation formulés (NM-*for*) par l'enseignant, puis mis en œuvre par

les élèves (NM-élè) pour produire leur réponse. Des synthèses intermédiaires mettent en évidence les principaux résultats.

Cette séquence est introduite par un document historique présentant le contexte de la guerre froide au cours duquel « la conquête » de l'espace a été initiée et les premiers pas de Neil Armstrong sur la Lune. Ce document, distribué aux élèves lors de la première séance, sera constamment sur leur table.

Séance 1 / Épisode 1.1

Synopsis

Nous nous focaliserons sur les trois premières étapes de cet épisode.

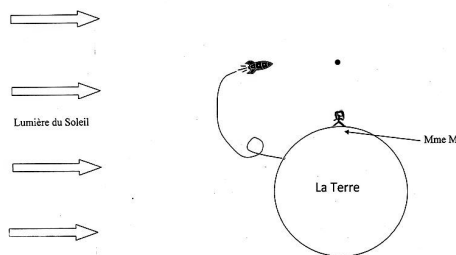
Étape 1 : l'enseignant donne la consigne oralement à toute la classe :

P³ : Vous allez voir qu'y a que je vous ai fait un dessin, sur ce dessin-là vous allez voir qu'il y a plusieurs informations et je vais vous demander vous de dessiner la Lune dans l'espace comme vous pensez d'accord, vous ne pouvez pas vous tromper.

Étape 2 : l'enseignant distribue le document 1 sur lequel figure la consigne écrite (Fig. 1).

Figure 1.
Document 1, épisode 1.1

Dessine la Lune dans l'espace, au niveau du petit point noir. Tu n'es pas obligé de respecter les proportions.



Étape 3 : l'enseignant reformule la consigne initiale de manière à ce que les élèves prennent en compte la position relative des trois astres :

P : est-ce que tout le monde voit le petit point noir en face de la fusée

Ee : oui

P : et ben à cet endroit-là vous allez devoir dessiner la Lune ne commencez pas s'il vous plait laissez-moi au

moins terminer posez moi ces stylos billes je ne veux pas voir ces stylos billes là vous allez devoir dessiner la Lune dans l'espace

Niveaux de modélisation attendus

En demandant une représentation de la forme propre de la Lune, il semble que l'enseignant attende des élèves une réponse relative à une description de la Lune et donc relevant du niveau des objets. En fait, il ne s'agit pas de dessiner la Lune avec ses cratères ou ses couleurs (même si dans la consigne orale l'enseignant ne mentionne que les stylos à billes), mais de mettre en évidence que la Lune a une forme sphérique, et que ce que l'on voit n'est qu'une forme apparente. L'enseignant souhaite modéliser la Lune par une sphère : le niveau de modélisation attendu (NM-att) est donc celui du modèle, même si la production attendue est un dessin, en lien avec le document fourni aux élèves qui est qualifié régulièrement par l'enseignant de « dessin » (« je vous ai fait un dessin, sur ce dessin-là vous allez voir qu'il y a plusieurs informations »).

Niveaux de modélisation formulés

Bien que cela ne soit pas nécessaire pour représenter la forme propre de la Lune, le document 1 contient une représentation de la Terre et des rayons du Soleil que l'enseignant va devoir expliquer aux élèves (« vous avez vu le Soleil n'a pas été dessiné il est très loin et il est très loin sur la gauche on ne voit que la lumière qui arrive de la gauche »). Cette représentation s'appuie sur le modèle-optique. De plus, le document demande de représenter la Lune « au niveau du petit point noir » ce qui suggère un lien entre ce qui est observé et une position particulière de la Lune et donc le modèle-position. Nous pouvons donc faire l'hypothèse que l'enseignant attend des élèves qu'ils complètent le document en prenant en compte uniquement la position relative des trois astres, ce qui relève du modèle-position. En effet, le document fournit la position de la Lune et les positions respectives des deux autres astres. L'activité initiée par l'enseignant oriente la réflexion vers la position des objets constituant le système Soleil / Terre / Lune. Une partie des informations formulées dans le document 1 (NM-for) est donc relative au niveau du modèle.

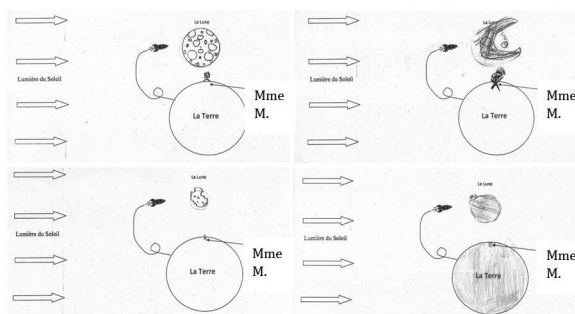
La représentation demandée aux élèves, compte tenu des choix de sélection des informations pertinentes qu'elle nécessite est un schéma, mais à ce moment de la séquence, elle est systématiquement qualifiée de dessin à l'oral par l'enseignant. De plus, le document 1 présente le dessin de Mme M.⁴, et celui d'une fusée, et la consigne écrite est « dessine la Lune ». Ces trois éléments, tous exprimés à l'aide de la représentation sémiotique « dessin », relèvent du niveau des objets.

Ainsi, les incitations à l'action dans le document 1 relèvent des deux niveaux de modélisation (modèle et objets). La reformulation orale de l'enseignant lors de l'étape 3 va dans le même sens puisqu'il cite simultanément le petit point noir (qui est la localisation de la représentation schématique et donc une référence à un modèle de l'objet Lune) et la fusée (qui est un objet). L'habillage de la question (dessin et trajet de la fusée, présentation orale insistant sur « comme vous pensez », « vous ne pouvez pas vous tromper »), ainsi que le contexte de présentation (en lien avec le texte historique) peut toutefois inciter les élèves à répondre uniquement sur la base de leurs connaissances quotidiennes sans lien avec les modèles scientifiques.

Niveaux de modélisation mobilisés dans les productions des élèves

À partir de l'étape 2, les élèves complètent le dessin (Fig. 2) et dessinent la Lune ronde ou en forme de croissant ou en gruyère, coloriée ou non, avec un drapeau planté dessus, avec des cratères, des volcans.

Figure 2.
Exemples de productions d'élèves, épisode 1.1



L'analyse de ces dessins révèle que les élèves peinent à identifier les caractéristiques pertinentes ou non à représenter. Ils s'appuient sur des observations ou sur leurs conceptions sur les formes possibles de la Lune (Roald & Mikalsen, 2000). Dans le groupe enregistré, E1 lit à voix haute la consigne écrite, son voisin E2 l'écoute, puis ils parlent de la Lune, s'imaginent en situation d'astronautes (« mon métier plus tard ») tout en en commentant certains éléments des documents écrits.

E1 : Quand je serai grand je veux devenir astronome. Tu regardes des géants télescopes [...] tu regardes les constellations. E1 fait des gestes avec ses bras.

E2 : [...] d'abord faire mon diplôme là et après on parlera de mon métier.

E2 : non mais là il peut pas courir c'est pas possible (à propos du document sur la guerre froide).

E1 : T'as oublié un truc un truc tout bête. T'as oublié le drapeau américain.

Ces échanges indiquent que le document distribué en début de séance joue un rôle lorsque les élèves produisent leur réponse (dessin du drapeau), alors même que le document à compléter ne le mentionne pas. Il contribue ainsi à inscrire leurs échanges oraux et leur production finale au niveau des objets.

Synthèse de l'analyse de l'épisode 1.1

Le tableau 3 synthétise les analyses des étapes 2 et 3 de l'épisode 1.1.

Tableau 3.
Synthèse des niveaux de modélisation
pour les étapes 2 et 3 de l'épisode 1.1

Étape 2 : document 1 Étape 3 : Reformulation 1	Niveaux de modélisation	
	Modèle	Objet
Incitation à l'action de l'enseignant	NM-att NM-for	NM-for
Actions des élèves		NM-èle

Le tableau 3 indique un décalage entre le niveau de modélisation attendu (modèle) par l'enseignant, celui explicitement formulé (modèle et objet) au cours des incitations à l'action, et celui identifié dans les productions des élèves (objet). La première inci-

tation à l'action de l'épisode 1.1 est une consigne orale qui fait essentiellement référence au dessin de la fusée et donc au niveau des objets. Les élèves s'emparent de cette information, malgré les tentatives de l'enseignant d'attirer leur attention sur le « petit point noir » et de les orienter vers la prise en compte de la position relative des trois astres et donc le modèle-position.

Dans cet épisode, les incitations à l'action successives mobilisent les représentations dessin et schéma. Si l'enseignant attend une sphère comme représentation de la Lune, les élèves dessinent des cratères, des volcans, des croissants de Lune, des drapeaux. La sphère est en fait une représentation modélisée de la Lune (une sélection des informations pertinentes pour expliquer les observations des phases de la Lune), alors que les élèves n'ont pas encore les moyens de sélectionner cette forme comme étant la seule caractéristique nécessaire pour représenter les phases de la Lune. De plus, l'enseignant a complété la consigne à l'oral en indiquant « tu n'es pas obligé de respecter les proportions » et « vous ne pouvez pas vous tromper ». Ce faisant, il indiquait clairement aux élèves un droit à l'erreur, et validait par anticipation toutes les productions comme étant correctes. Les élèves s'emparent donc spontanément et en toute confiance du dessin pour répondre. Les incitations à l'action suivantes visent à orienter les élèves vers la prise en compte des éléments du schéma, tout en s'appuyant sur deux représentations (dessin et schéma). Ces incitations supplémentaires ne modifient pas les productions des élèves. Cette association des deux représentations dans les incitations à l'action de l'enseignant crée un obstacle pour situer une réponse au niveau de modélisation attendu. Ainsi, si le dessin n'est pas la représentation la plus pertinente pour discuter du modèle des phases de la Lune du point de vue du savoir académique, elle semble être la mieux adaptée lorsque les élèves n'ont pas encore à disposition les connaissances scientifiques requises pour sélectionner les informations pertinentes et schématiser la forme sphérique de la Lune.

En termes d'appropriation par les élèves des incitations à l'action de l'enseignant, nous proposons un premier résultat sous la forme de trois propositions qu'il s'agira de confronter aux analyses des autres épisodes :

- si les termes « dessin » ou « dessine » sont utilisés, les élèves s'en emparent et n'en changent pas ;

- la première consigne émise (dessinez la Lune dans l'espace comme vous pensez) prend le pas sur les suivantes, les élèves ne modifient pas ensuite le niveau de modélisation pour formuler leur réponse ;
- l'oral prend le pas sur l'écrit surtout s'il le précède car dans ce cas, et à ce niveau scolaire, la consigne écrite n'est pas forcément lue, l'élève n'ayant pas besoin de la lire pour agir.

Séance 1 / Épisode 1.2

Synopsis

Au cours de cet épisode dont nous résumons ci-dessous les trois étapes, l'objectif de l'enseignant, après avoir implicitement entériné le dessin réalisé par les élèves lors de l'épisode précédent, est de recueillir leurs conceptions sur l'influence de la position de l'observateur quant à la forme de la Lune.

Étape 1 : l'enseignant donne la consigne oralement à toute la classe.

P : vous allez dessiner ce que voit Neil Armstrong quand il est dans la fusée la fusée vous la voyez elle est dessinée là elle est à gauche de la Lune (P fait référence ici au document 1) et ben vous allez dessiner ce qu'il voit depuis la fusée quand il regarde par le hublot avant d'arriver.

Étape 2 : l'enseignant distribue le document 2 (Fig. 3).

Étape 3 : l'enseignant échange individuellement avec les élèves à partir de leurs productions, et cherche à les orienter vers la prise en compte de la position de l'observateur.

Échange avec l'élève E1 :

E1 : maitre je sais elle regardait par la télé

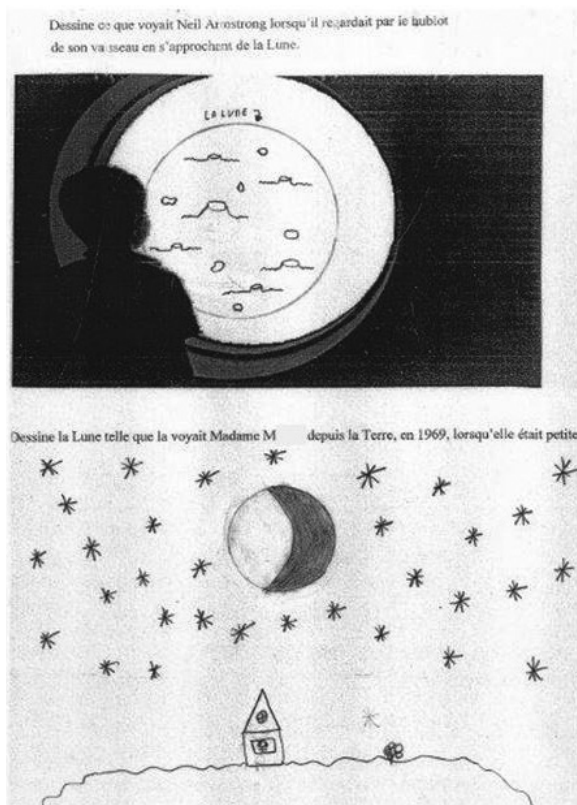
P : comment

E1 : dans le texte c'est écrit dans le monde entier ils regardaient la télé

P : non mais madame M. elle était dehors elle regardait dehors et je te demande ce qu'elle voyait quand elle était dehors

Figure 3.

Document 2, épisode 1.2. Production d'élève



Échange avec l'élève E2 :

P : pourquoi tu fais orange là

E2 : fallait pas

P : comment non je te demande juste pourquoi c'est fait exprès ou pas là cette couleur

E2 : je voulais faire du beige

P : mais là tu as fait du orange est-ce que c'est fait exprès ou c'est pas fait exprès c'est pas fait exprès

E2 : non

P : d'accord

Échange avec E3 :

P : oui quand lui il était là t'as fait la Lune qu'est-ce qu'il voyait quand lui il était là imagine que t'es dans le vaisseau spatial qu'est-ce que tu vois

E3 : il y a des cratères

P : oui tu peux dessiner si tu veux mais qu'est-ce qui voyait en tout

Niveaux de modélisation attendus

Les deux parties du document 2 mobilisent le dessin et ne font pas référence à la position relative des astres. Toutefois, en les associant au document 1, c'est-à-dire en demandant de dessiner la Lune de deux points de vue (d'une part lorsqu'on regarde la Lune du côté où arrivent les rayons du Soleil, d'autre part lorsqu'on la regarde depuis la Terre), l'enseignant souhaite que les élèves perçoivent en quoi les positions des astres Soleil / Terre / Lune (le modèle-position est donc implicite ici du fait que tous les astres ne soient pas représentés) et les conditions de visibilité des objets (modèle-optique, explicite dans le dessin fourni et dans la consigne orale « ce qu'il voit quand il regarde par le hublot ») fournissent une explication aux formes observées de la Lune. Le niveau de modélisation attendu est par conséquent celui du modèle.

Niveaux de modélisation formulés

Dans l'étape 1, la formulation de la consigne orale collective fait référence au document 1. L'objectif de l'enseignant est d'orienter les élèves vers le modèle en mobilisant un document contenant un schéma. Toutefois, la formulation orale « vous allez dessiner ce que voit Neil Armstrong » peut laisser envisager aux élèves que la représentation « dessin » (non pas réaliste, mais sur la base de ce que les élèves pensent ou imaginent de ce qu'Armstrong voyait) est cette fois encore valable. Le dessin explicitement demandé fait donc davantage référence au niveau des objets. Deux représentations sont donc associées avec le niveau du modèle : celle du schéma et celle du dessin, cette dernière ayant déjà été mobilisée lors de l'épisode précédent en association avec le niveau des objets et des événements.

La Terre n'apparaît plus dans le document 2. Les consignes écrites sont contextualisées : Neil Armstrong est dans sa fusée, il regarde par le hublot, il va bientôt marcher sur la Lune, Mme M. est sur la Terre, elle a 6 ans, on est en 1969. Cette mise en narration mobilise les mêmes éléments que le texte historique fourni en début de séance ce qui peut freiner un éventuel recours au niveau du modèle. Elle entraîne les élèves à se mettre dans la peau des personnages et à se focaliser sur l'objet « Lune » qu'ils voient. On peut donc situer le niveau de modélisation formulé dans le document 2 au niveau des objets.

À travers les échanges oraux avec les élèves 1 et 3 au cours de l'étape 3, l'enseignant cherche à les orienter vers la prise en compte de la position de l'observateur. Il les incite ainsi à mettre en œuvre le modèle-optique. Les exemples d'échanges avec les élèves 2 et 3 montrent que l'enseignant valide l'utilisation du dessin pour représenter ce qui est observé (il discute de la couleur orange avec E2 mais ne rejette pas le fait d'avoir colorié ; il dit à E3 « oui tu peux dessiner »).

Niveaux de modélisation mobilisés dans les productions des élèves

Dans l'étape 1, les élèves questionnent l'enseignant pour avoir des précisions. Leurs interventions se situent au niveau des événements (« est-ce la nuit ? » « c'est un enfant qui est dessiné », « quand il rentre ou quand il sort ? »...).

Dans l'étape 2, les analyses des vidéos indiquent que les élèves commencent à dessiner dès qu'ils ont la feuille en main, sans toujours lire la consigne écrite, alors que l'enseignant est encore en train de reformuler oralement la consigne. Plus que la consigne, c'est donc le contrat didactique, initié lors de l'épisode précédent et incitant les élèves à dessiner ce qu'ils pensent voir à travers les yeux d'autrui, qui détermine les activités des élèves. Par ailleurs, cette consigne, dont la formulation reprend des éléments du document historique fourni en début de séance, incite les élèves à décrire la situation en termes d'ob-

coloriée ou non, avec des cratères, des volcans. Certains dessinent la même Lune vue par Neil Armstrong dans sa fusée et par Mme M. sur Terre, car on est le même jour, d'autres dessinent la Terre et Mme M. Pour ces élèves, la position de l'observateur n'influe pas sur ce qui peut être observé. Beaucoup dessinent un ciel étoilé autour de la Lune. Ces productions reflètent la difficulté à adopter un point de vue autre que géocentrique (voire égocentrique). Des élèves distinguent deux cas : avec ou sans nuage et dessinent deux formes de Lune différentes. Cette conception (les phases de la Lune sont provoquées par le passage de nuages entre la Terre et la Lune) sera prise en compte par l'enseignant dans les séances suivantes. Les élèves essayent aussi de tirer parti des éléments du document historique : « c'est écrit dans le monde entier ils regardaient la télé ». Ce document, élaboré par l'enseignant dans le souci de susciter l'intérêt, est intégré par les élèves au milieu didactique. Toutes leurs productions indiquent qu'ils se situent au niveau des objets et non au niveau du modèle.

Synthèse de l'analyse de l'épisode 1.2

Le tableau 4 synthétise les analyses des trois étapes de l'épisode 1.2.

Tableau 4.
Niveaux de modélisation pour les étapes 1, 2 et 3
de l'épisode 1.2

		Niveaux de modélisation	
		Modèle	Objet
Étape 1 : Consigne orale collective	Incitation à l'action de l'enseignant	NM-att NM-for	NM-for
	Actions des élèves		NM-élè
Étape 2 : Document 2	Incitation à l'action de l'enseignant	NM-att	NM-for
	Actions des élèves		NM-élè
Étape 3 : Contrôle des productions individuelles	Incitation à l'action de l'enseignant	NM-att NM-for	
	Actions des élèves		NM-élè

jets et d'événements (ce que voit Mme M. en 1969).

Ils continuent de dessiner dans l'étape 3 la Lune ronde ou en forme de croissant ou en gruyère ou seulement une partie de la Lune vue par le hublot,

Comme dans l'épisode 1.1 il existe un décalage entre NM-att, NM-for et NM-élè. Cet épisode débute par une consigne orale qui fait référence au dessin et au schéma du document 1, et qui précède

le document 2 constitué seulement de dessins. Les productions des élèves restent au niveau des objets (dessinés) malgré les incitations de l'enseignant à recourir au niveau du modèle. La confrontation avec les premiers résultats indique donc que :

- comme dans l'épisode précédent, si le terme « dessin » ou « dessine » est utilisé, les élèves s'emparent spontanément de cette représentation et n'en changent pas. On retrouve, dans cette mobilisation préférentielle du dessin associé au niveau des objets et événements, un résultat proche de celui obtenu par Marlot et Ligozat (2011). Leur étude montre la résistance des élèves à recourir aux modèles. Cette résistance incitait alors l'enseignant à proposer de nouveaux systèmes sémiotiques dans un processus d'ajustement progressif s'accompagnant d'une explicitation des règles d'usage. Dans notre cas, les incitations à schématiser ne sont pas suivies d'effets sur les productions des élèves, l'enseignant ne donnant pas les règles pour sélectionner les informations à représenter ;
- la première consigne émise prend le pas sur les suivantes : l'action des élèves se situe au niveau des objets, initialement formulé par l'enseignant, et ce tout au long de l'épisode, malgré les incitations à l'action de l'enseignant à mobiliser celui des modèles ;
- enfin, les incitations à l'action à l'oral sont également prépondérantes par rapport aux consignes écrites.

La question de la pertinence du dessin pour faire émerger les conceptions des élèves sur le modèle des phases de la Lune se pose dans cet épisode. Quand les élèves dessinent un croissant de Lune, ce n'est pas parce qu'ils ont pris en compte la position du Soleil, c'est parce qu'ils savent que la Lune a parfois une forme de croissant et que ce jour-là cela pouvait très bien être le cas (un élève dit à propos de la forme de la Lune représentée : « c'est au hasard »). En incitant deux fois de suite les élèves à produire un dessin, il est possible qu'ils soient encouragés à généraliser la pertinence de ce type de réponse.

On constate dans les vidéos que le document avec les photos de Neil Armstrong marchant sur la Lune est encore sous les yeux des élèves lors des épisodes 1.1 et 1.2. La présence de cet élément a manifestement une influence sur leurs productions. Il incite à demeurer dans la narration de la conquête de la Lune (par exemple certains élèves dessinent les pas de Neil Armstrong sur la Lune), et donc au

niveau des objets et des événements, alors que la consigne de l'enseignant a pour objectif de les faire travailler au niveau du modèle.

Séance 3 / Épisode 3.2

Synopsis

Nous étudions ici les deux premières étapes de cet épisode. Après avoir utilisé, lors de l'épisode précédent non présenté dans cet article, un calendrier lunaire pour tenter de mettre en défaut la conception des élèves sur l'origine des phases de la Lune comme étant liée à la présence de nuages masquant tout ou partie de cet astre, l'enseignant propose de réaliser une maquette pour la mettre à l'épreuve de nouveau. Cette conception va jouer ici un rôle de modèle hypothétique (Venturini & Tiberghien, 2012) permettant de faire des prévisions à tester avec une maquette qui joue à la fois un rôle de dispositif expérimental et un rôle de modèle : l'enseignant propose de simuler l'action des nuages à l'aide d'une boule de polystyrène et du coton (Fig. 4 et 5⁵). En effet, pour l'enseignant la maquette s'apparente à un modèle concret (Santini, 2013) en ce sens qu'elle permet d'étudier les phases de la Lune comme si c'était le phénomène lui-même, car il maîtrise les règles permettant à la maquette de simuler le phénomène. Pour les élèves, cette maquette ne peut être assimilée à un monde reconstruit (Le Maréchal & Bécu-Robinault, 2006) du fait que les règles de fonctionnement ne soient ni données par l'enseignant ni imposées par le dispositif : les élèves doivent les proposer ou les importer à partir des situations précédemment étudiées. Or, ces situations n'ont pas permis d'institutionnaliser le modèle optique et position, exception faite de la règle « la Lune ne produit pas de lumière mais renvoie la lumière du Soleil ». La maquette peut être considérée comme un dispositif hybride entre le niveau des modèles et celui des objets et événements. Ses composants ont été choisis par l'enseignant pour modéliser des caractéristiques des objets réels, de manière à permettre aux élèves d'observer les effets de règles non nécessairement institutionnalisées au fil des séances précédentes⁶.

Figure 4.

Le coton masquant une partie de la boule de polystyrène, il permet de simuler une forme de la Lune



Figure 5.

La main gauche de l'élève à droite représente la Terre



Étape 1 : l'enseignant donne la consigne oralement à toute la classe.

P : je vais vous donner quelque chose qui ressemble à des nuages mais attention on est bien d'accord que ce n'est pas du nuage c'est une sorte de coton je vais vous donner des boules qui ressemblent à une Lune ça c'est ce qui sert à mettre dans les coussins d'accord c'est pas du coton mais il se trouve que quand on regarde qu'est-ce qu'on peut dire ça vous fait penser à quoi.

L'enseignant explique ensuite le statut de l'activité « c'est pas une vraie expérience », « on fait quelque chose qui ressemble » et échange avec les élèves sur les différences entre le coton et un vrai nuage (« les nuages c'est pas solide », « un nuage c'est de l'eau ») et la Lune et la boule de polystyrène (« la Lune on a dit-elle pas ronde comme ça y a des cratères »). Puis l'enseignant conclut par la consigne :

P : allez chacun avec votre groupe vous essayez de faire la vraie forme la forme qu'on a vue vous mettez le nuage qui vient cacher la Lune et essayez de faire une forme de croissant par exemple et changez la forme du nuage aussi on a dit que le nuage il a pas toujours la même forme aussi.

Étape 2 : l'enseignant s'adresse individuellement à certains élèves pour leur demander de dessiner sur leur ardoise ce qu'ils observent lors de la manipulation.

P : tiens dessinez là prenez votre ardoise et dessinez ce que vous voyez là dessine ce que tu vois quand je fais ça là dessine ce que tu vois comment tu la vois la lune est-ce que vraiment tu vois E un trait bien droit comme ça là

E : non

P : le côté rond je vois bien parce que c'est le côté de la Lune mais est-ce que tu vois un côté bien droit comme ça qui sépare alors dessine vraiment ce que tu vois

E : voilà moi j'ai dessiné ce que je vois

E : voilà j'ai trouvé

P : t'as trouvé est-ce que la Lune et le nuage sont collés alors fais passer comme ça ta Lune ta lune regarde le nuage fais passer devant et essaie de voir tu peux le faire tout seul regarde vers un autre groupe

P : tu vois vraiment un trait droit comme ça

E : ben non je vois

P : tu vois pas la lune par exemple par ce petit trou là

E : si

P : ben tu l'as pas dessinée cette lune est-ce que vraiment t'arrives à voir un vrai croissant comme ça

E : heu

P : peut-être que mon expérimentation n'est pas super.

Niveaux de modélisation attendus

À travers cette activité, l'enseignant attend que les élèves se rendent compte, en positionnant du coton devant une boule de polystyrène, qu'on ne peut pas reproduire la forme de croissant qu'il introduit dans son discours comme « la vraie forme la forme qu'on a vue ».

Au cours de cet épisode, l'activité va surtout porter sur la possibilité d'observer une forme de croissant en plaçant un coton entre l'observateur et la boule de polystyrène. Il s'agit donc de travailler sur le modèle-position. Du fait que l'enseignant ne propose pas d'utiliser la lampe pour éclairer la boule de polystyrène, la source de lumière et donc le modèle-optique sont absents du discours et des objets mis à disposition des élèves dans cet épisode. Pour l'enseignant, cette expérience est destinée à montrer que

les nuages ne peuvent pas expliquer les formes de la Lune. Or, en mettant en contact le coton et la boule (et donc en ne respectant pas le modèle position) et en modelant la forme du coton, il est possible de cacher une partie de la boule et de laisser apparente une forme de croissant ou de quartier (Fig. 4).

Niveaux de modélisation formulés

Dans l'étape 1, l'enseignant expose les objets boule de polystyrène et coton en indiquant aux élèves le rôle joué par ces objets représentant respectivement la Lune et les nuages qui sont les objets d'étude. Pour faire fonctionner la maquette, il serait *a priori* nécessaire d'attribuer au coton et à la boule de polystyrène des propriétés relatives au monde des modèles. Or, au cours de l'étape 1, l'enseignant se focalise sur les caractéristiques des objets d'étude non représentées par les objets de la maquette : le coton comme objet opaque s'opposant au passage de la lumière, la boule de polystyrène comme objet opaque sphérique réfléchissant la lumière. Il n'indique pas que pour remettre en cause la présence de nuages comme étant à l'origine des phases de la Lune, il faut que les comportements de ces objets dans la maquette (distances relatives, position de l'observateur, conditions d'éclairement) respectent des règles données par les deux modèles position et optique. Pour remettre en cause la conception des élèves, il faudrait que ces derniers constatent sur la maquette que la zone éclairée de la boule de polystyrène (correspondant à la forme observée de la Lune) est visible seulement en l'absence de coton (correspondant aux nuages). Par conséquent, les nuages ne sont pas responsables des phases de la Lune, mais de l'impossibilité de l'observer. Dans son discours, l'enseignant désigne respectivement les objets de la maquette « boule de polystyrène » et « coton », par les termes « Lune » et « nuages ». En assimilant les éléments de la maquette aux objets réels, l'enseignant ne permet pas aux élèves d'identifier les propriétés pertinentes des objets réels que la maquette modélise et celles qui n'ont pas été sélectionnées comme pertinentes. Notons qu'il n'y a pas de consigne écrite dans cet épisode. Le niveau de modélisation formulé est celui du modèle.

Dans l'étape 2, l'enseignant manipule le coton et la boule de polystyrène devant des élèves et leur demande de dessiner ce qu'ils voient, à savoir les

objets coton et boule. Lors de cette étape, les échanges sont soumis au principe de réticence didactique : l'enseignant demande de comparer le tracé d'un trait droit avec ce qui est observé (« tu vois vraiment un trait droit comme ça ») afin de ne pas dire que l'on ne peut observer une forme parfaite de croissant en regardant la boule de polystyrène partiellement masquée par le coton (« est-ce que vraiment t'arrives à voir un vrai croissant comme ça »). La formulation de l'enseignant ne porte pas sur les règles à respecter pour l'agencement des objets en conformité avec les modèles, mais sur les seules observations des objets. Ainsi, en les incitant « à dessiner vraiment ce qu'ils voient », il les incite à utiliser le dessin, il évacue les recours aux modèles, ce qui nous conduit à situer le niveau de modélisation formulé au niveau des objets.

Niveaux de modélisation mobilisés dans les productions des élèves

Lors de la réalisation de la maquette avec les objets mis à disposition, les règles permettant d'associer le coton à un nuage et la boule de polystyrène à la Lune ne sont pas discutées. De ce fait, les comportements des objets de la maquette ne sont pas conformes à ceux des objets réellement étudiés : les élèves mettent en contact le coton et la boule, ne respectant pas le modèle position, ils essaient de modeler le coton pour obtenir une forme de croissant ou de quartier (certains y parviennent). Le contenu des échanges verbaux indique que les élèves sont conscients du fait que la boule représente la Lune et le coton les nuages. Les analyses des vidéos de la classe permettent de différencier deux types d'élèves :

- ceux qui prennent en compte la position relative de la Lune, de la Terre et des nuages, comme sur la figure 5 où l'élève représente la Terre avec son poing. Ils mobilisent un modèle (s'apparentant au modèle-position), que le professeur leur a proposé au cours des épisodes précédents ;
- ceux qui manipulent deux objets (boule et coton) pour observer une forme de croissant. Ils semblent ne pas percevoir l'enjeu de la situation étudiée. Ces élèves disent « ça marche » quand ils parviennent à observer une forme de croissant avec la boule et les nuages, et répondent « non » quand l'enseignant demande « s'il est possible qu'un nuage se positionne pile poil devant la Lune tous les

29 jours avec la même forme ». Ces élèves manipulent les objets qui sont proposés pour réaliser la maquette du système Soleil / Terre / Lune sans faire de lien ni avec le modèle-position, ni avec le modèle-optique nécessaires à un fonctionnement scientifiquement correct de cette maquette.

Dans l'étape 2, certains groupes déforment le coton pour modeler un nuage. Ils dessinent ensuite ce qu'ils voient quand le coton est placé devant la boule. Leurs productions font référence à la position relative de la boule et du coton. Comme dans l'étape précédente, certains élèves ne font pas de lien entre leur manipulation et les phases de la Lune, d'autres se situent clairement au niveau du modèle.

Synthèse de l'analyse de l'épisode 3.2

Le tableau 5 synthétise les analyses des 2 premières étapes de l'épisode 3.2.

Tableau 5.
Niveaux de modélisation des étapes 1 et 2
de l'épisode 3.2

		Niveaux de modélisation	
		Modèle	Objet
Étape 1 : Consigne orale collective	Incitation à l'action de l'enseignant	NM-att NM-for	
	Actions des élèves	NM-élè	NM-élè
Étape 2 : Dessinez ce que vous voyez	Incitation à l'action de l'enseignant	NM-att	NM-for
	Actions des élèves		NM-élè

Pour l'étape 1, il n'y a initialement pas de décalage entre les niveaux de modélisation attendus et formulés. Selon les élèves, les réponses se situent au niveau des objets ou du modèle. Il semble que certains d'entre eux ne perçoivent pas l'enjeu de la modélisation proposée ni même le modèle à utiliser. Une explication serait que les règles d'utilisation du matériel n'étant pas explicitées, elles sont alors inventées par les élèves sur la base de leurs connaissances préalables et des activités précédentes. Ces connaissances ne se situent pas nécessairement au niveau du modèle. Quand ils mobilisent un modèle, c'est uniquement celui de la position respective des astres (modèle-position, étudié l'année précédente),

et non celui relatif aux conditions de visibilité et de propagation de la lumière (modèle-optique, essentiel pour mettre en œuvre et interpréter les observations réalisées avec la maquette). Lors de l'étape 3, cette non perception de l'enjeu de la modélisation par les élèves va conduire l'enseignant à réguler la séance en demandant « qu'est-ce qu'on essaie de montrer ? ». L'objectif de l'enseignant est de récuser la conception des nuages comme étant à l'origine des phases de la Lune en mobilisant le modèle position (incluant les distances entre les astres) à travers l'utilisation des objets (boule de polystyrène et coton notamment). Pour les élèves, il s'agit de placer le coton (représentant le nuage) pour observer une forme de croissant, et donc d'élaborer une nouvelle règle du modèle-position relative non plus aux astres mais à la position des nuages. Ainsi, pour l'enseignant, il s'agit de rejeter l'intégration de cet élément « coton » à la maquette et donc au modèle, alors que pour les élèves, il s'agit de réussir à l'intégrer à un modèle explicatif de l'origine des phases de la Lune (« ça marche »), conformément à leurs conceptions. La mobilisation systématique du niveau des objets par les élèves est renforcée par l'insistance de l'enseignant à se focaliser sur ce qui est observé (« regarde

le nuage fais passer devant et essaie de voir »), et ce depuis le début de la séquence. Il apparaît donc que le milieu des élèves et le contrat didactique, via le processus de sémiotisation, sont essentiellement tournés vers les objets et les événements observés, ce qui explique la propension des élèves à mobiliser ce niveau dans leurs productions, en association avec les dessins, qui sont les représentations les plus adaptées à ce niveau de modélisation. Le milieu de l'enseignant est par contre en lien avec les modèles à construire et à utiliser. Cet épisode illustre que professeur et élèves ne jouent pas nécessairement dans le même milieu.

L'expression utilisée lors de la consigne orale de l'étape 2 indique qu'il s'agit d'une consigne non anticipée « tiens, dessinez... » que l'enseignant énonce suite aux actions de deux élèves afin de les aider à mieux observer et conclure en conformité avec ses attendus. Les productions d'élèves recueillies montrent que cette consigne incite en fait les élèves à se concentrer sur les objets qu'ils voient, à leur attribuer une signification en lien avec leurs connaissances quotidiennes, sans faire de lien avec le modèle physique.

Séance 4 / Épisode 4.1

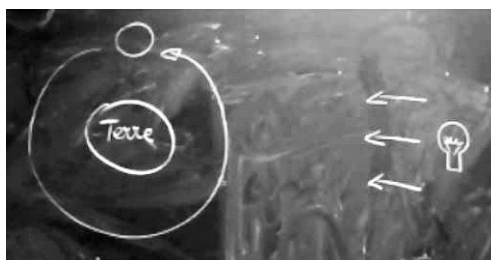
Synopsis

L'objectif est de mettre à l'épreuve une conception liée au modèle-optique : « c'est parce que le Soleil n'éclaire pas tout qu'on ne voit pas toujours la Lune pareil ».

Étape 1 : l'enseignant décrit oralement à toute la classe l'expérience à effectuer. Il s'appuie pour cela sur un schéma qu'il réalise au tableau (Fig. 6). Les élèves doivent identifier les différentes positions de la Lune autour de son orbite.

Figure 6.

Schéma réalisé par P au tableau

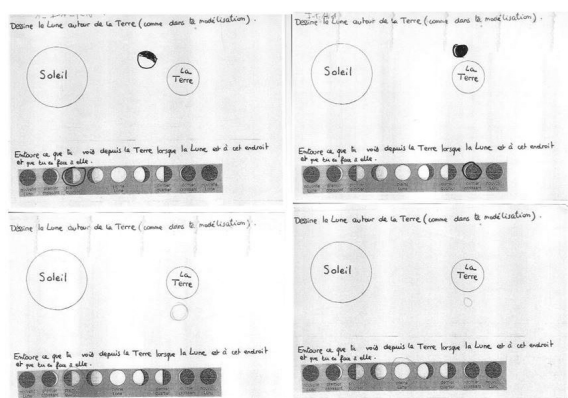


Étape 2 : L'enseignant demande aux élèves de choisir une position de la Lune autour de la Terre, de la dessiner sur le document 3 (Fig. 7), puis de modéliser par une maquette réalisée en petit groupe ce qu'ils viennent de dessiner : un élève représente le Soleil avec une lampe de poche, un autre élève est assis et représente un observateur terrestre, un dernier élève représente la Lune avec une boule de polystyrène et doit se placer par rapport à la Terre à l'endroit qui est dessiné sur le document 4. L'observateur terrestre doit ensuite entourer le dessin

qui correspond à la phase de la Lune qu'il a observée. Cette suite d'actions est renouvelée plusieurs fois en changeant la position de l'élève représentant la Lune.

Figure 7.

Document 3, épisode 4.1, productions d'élèves



Niveau de modélisation attendu

L'objectif est ici de travailler sur la position relative des trois astres pour expliquer les phases de la Lune. Le niveau de modélisation attendu est donc celui du modèle. Les élèves doivent combiner des règles issues du modèle-position, préalablement étudié, et du modèle-optique, non encore institutionnalisé, lors de la réalisation de leur maquette pour ensuite répondre sur le document papier. À l'issue de cette séance, l'enseignant souhaite institutionnaliser que « en fonction de la position sur la Terre, on ne voit pas toute la partie, c'est pour cela qu'on voit la Lune de différentes formes » (fiche de préparation de l'enseignant).

Niveaux de modélisation formulés

La consigne orale collective fait référence à la position relative des trois astres et la propagation rectiligne de la lumière en mobilisant le schéma (Fig. 7). Le terme « dessine » est utilisé dans la première consigne écrite. La deuxième consigne fait référence à la position relative des astres puis à ce qui est observé. Ce document est constitué de schémas. Cette activité combine les modèles position et optique. Ainsi, le niveau de modélisation formulé correspond à celui qui est attendu, à savoir celui du modèle.

Niveaux de modélisation mobilisés dans les productions des élèves

Dans l'étape 1, les élèves répondent aux questions de l'enseignant sur la mise en œuvre de la maquette. Le document 3 est ensuite distribué. Les élèves parviennent à réaliser la tâche demandée uniquement lorsque P est présent avec eux. La combinaison des deux points de vue allocentrique et géocentrique est un problème pour les élèves, comme leurs productions écrites sur le document 3 (Fig. 7) le montrent : ils ont tendance à représenter de la même manière ce qu'ils voient (en bas) et la manière dont la Lune est éclairée (en haut). Notons qu'ils représentent la Lune par un cercle, prenant appui sur les représentations de la Terre et du Soleil de cette partie du document, mais aussi sur la représentation de la Lune fournie sur la deuxième partie du document. Les élèves n'utilisent plus la représentation « dessin » comme lors des activités précédentes, mais la représentation « schéma », car ils sont incités par les autres éléments mis à disposition sur le document écrit. Les productions des élèves se situent au niveau du modèle car ils reproduisent ensuite, avec le matériel mis à disposition pour la maquette, la position relative des trois astres qu'ils ont schématisée à l'écrit.

Synthèse de l'analyse de l'épisode 4.1

Le tableau 6 synthétise les analyses de la deuxième étape de l'épisode 4.1.

Tableau 6.

Niveaux de modélisation pour l'étape 2 de l'épisode 4.1

	Niveau de modélisation	
Étape 2 : Utilisation du document 3 et du matériel	Modèle	Objet
Incitation à l'action de l'enseignant	NM-att NM-for	
Actions des élèves	NM-élè	

Dans cet épisode, il n'y a pas de décalage entre NM-att, NM-for et NM-élè, qui se situent tous au niveau du modèle.

Les incitations à l'action de l'enseignant (via le schéma produit au tableau et le document 3 à compléter) mobilisent des représentations sémiotiques schéma. Cette cohérence entre la représentation mobilisée et le niveau de modélisation formulé

et attendu apparaît comme une aide pour les élèves à formuler une réponse au niveau du modèle. Ce résultat est à mettre en relation avec celui de l'épisode 1.1 qui montre que la mobilisation de différentes représentations dans les incitations à l'action de l'enseignant apparaît comme une difficulté pour les élèves afin de situer leur réponse dans le niveau de modélisation attendu.

Bien que dans la consigne orale collective et dans le document 3 l'enseignant utilise la formulation « dessine la Lune », les productions des élèves ne relèvent pas des représentations dessin comme dans les autres épisodes. On peut donner les éléments d'analyse suivant :

- l'enseignant représente lui-même au tableau et dans les documents à compléter la Lune comme un cercle, ce qui incite les élèves à schématiser et à situer leurs actions au niveau du modèle ;
- la formulation « dessine la Lune » n'apparaît pas comme l'élément principal de la consigne orale qui est émise sur une durée très longue (plus de 15 minutes), mais plutôt comme une information parmi de d'autres, notamment concernant le protocole à suivre pour la mise en œuvre de la maquette ;
- dans le document 3, le terme « modélisation » est employé dans la même consigne que « dessine ».

La comparaison avec nos premiers résultats indiquent que :

- régulièrement, l'enseignant formule simultanément les termes « modélisation » et « dessin ». Cette association tend à donner une signification de schéma au dessin. Or, lorsque le terme « dessin » ou « dessine » est utilisé dans l'incitation à l'action, les élèves s'emparent exclusivement de la représentation sémiotique « dessin » pour produire leur réponse. Cette préférence systématique du dessin indiquerait que c'est une représentation qu'ils maîtrisent mieux que le schéma ;
- dans cet épisode, il y a cohérence entre les incitations orales et écrites, ce qui ne permet pas de mettre en évidence la prégnance de l'oral sur l'écrit ;
- nous ne pouvons pas mettre en évidence ici que la première consigne prend le pas sur les autres, sachant que la mise en action des élèves dure environ 17 minutes, et que l'ensemble des incitations à l'action de l'épisode est cohérent en termes de niveaux de modélisation attendus et formulés.

Notons que lors de cette activité, les élèves n'ont réalisé leur maquette qu'à partir du moment où l'enseignant a été présent auprès de leur groupe pour reformuler oralement les consignes, et les recentrer sur l'activité à réaliser. Ceci indique à la fois le rôle important de guidage individuel de l'enseignant lors d'une tâche complexe (articuler les règles de fonctionnement de deux modèles alors que l'un d'eux n'a pas été institutionnalisé) et la difficulté des élèves à agir sur la base des seuls éléments schématisés du modèle. Le recours au dessin est souvent une aide à la manipulation quand les élèves ne maîtrisent pas encore les normes à respecter pour la construction d'un schéma, et donc le modèle sous-jacent (Bécu-Robinault, 2015). Il s'avère également que les conditions matérielles de réalisation de la maquette (classe dans le noir) n'étaient pas idéales pour aider les élèves à se concentrer sur le modèle à utiliser.

DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Dans cet article, nous avons présenté quatre épisodes au cours desquels les incitations à l'action, les ressources mises à disposition des élèves étaient différentes. Nous avons mis en évidence des liens entre le niveau de modélisation auquel la réponse est attendue, le niveau de modélisation explicitement formulé dans l'incitation à l'action et le niveau de modélisation auquel se situent les réponses des élèves (Tableau 7). Le niveau de modélisation attendu se situe systématiquement dans le monde des modèles.

Tableau 7.
Synthèse des 4 liens entre niveaux de modélisation
attendus, formulés par l'enseignants et mobilisés
par les élèves

	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4
NM-att	Modèle	Modèle	Modèle	Modèle
NM-for	Objet	Modèle-Objet	Modèle	Modèle
NM-èle	Objet	Objet	Objet	Modèle

Notre étude met ainsi en évidence que lorsqu'il y a un décalage entre ce qui est attendu et ce qui est formulé, ou lorsque ce qui est formulé se situe simultanément dans les deux niveaux de modélisation, la réponse des élèves se situe systématiquement au niveau des objets. Les élèves s'appuient alors sur les

consignes orales de l'enseignant, qui dans cette étude de cas, sont toujours relatives aux objets et événements. Ce recours systématique à la situation réelle, que l'enseignant demande de décrire sur la base des observations est à mettre en relation avec les représentations empiristes de cet enseignant sur la science étudiées par ailleurs (Boivin-Delpieu *et al.*, 2015).

Lorsqu'il n'y a pas de décalage entre ce qui est attendu et ce qui est formulé et que l'incitation à l'action relève du niveau du modèle (cas 3 et 4), deux cas sont possibles :

- il y a persistance de NM-èle au niveau de l'objet si au début de l'épisode, NM-for est au niveau de l'objet, et que la cohérence entre NM-for et NM-att n'arrive qu'en cours d'épisode. Nous pouvons interpréter cette persistance en terme de contrat didactique, l'enseignant validant le plus souvent implicitement les réponses produites à ce niveau : en effet, il ne corrige pas les productions intermédiaires des élèves et leur laisse à disposition des documents autorisant le recours à des descriptions des objets et événements observés ;
- NM-èle se situe au niveau du modèle s'il y a dès le départ de l'épisode concordance entre NM-for et NM-att. Cette cohérence est alors également assurée par les représentations sémiotiques fournies dans les documents écrits. Dans ce cas, le contrat est modifié et les élèves mobilisent des représentations conformes à celles présentes dans le document.

L'objectif était de comprendre comment les élèves s'approprient les incitations à l'action, en termes de niveau de modélisation, au cours des démarches d'investigation proposées en classe. Nous avons montré qu'une cohérence entre les représentations mobilisées (dans notre étude, les dessins et schémas) dès la première incitation à l'action⁷, et les niveaux de modélisation attendus et formulés par l'enseignant, permet aux élèves de répondre conformément aux attentes de l'enseignant (dans cette séquence, au niveau du modèle). Cette cohérence, lorsqu'elle intervient en cours d'activité sous forme de reformulations de consignes ou d'émission de nouvelles consignes ne suffit pas pour modifier le contrat didactique et donc le niveau de modélisation dans lequel se situent les réponses initiales des élèves. Nous avons également mis en évidence que le dessin ne semble pas le système de représentation le plus pertinent pour travailler le modèle des phases de la Lune et pour articuler les différents niveaux de

modélisation. Si les incitations à l'action doivent respecter un principe de réticence et donc ne pas être trop directives sur les actions à mener sous peine de ne pas être comprises par les élèves, il semble toutefois nécessaire qu'elles mentionnent explicitement les niveaux de modélisation à mobiliser et les représentations associées, afin que les élèves s'en emparent et les articulent. Ce résultat vient en conforter un autre, obtenu lors d'une recherche portant uniquement sur le texte fourni aux élèves pour réaliser des travaux pratiques au lycée (Bécu-Robinault, 2015). Cette explicitation est d'autant plus cruciale que les implicites dans les consignes sont discriminants socialement (Bautier *et al.*, 2004). À travers les incitations à l'action, il semble donc nécessaire de suggérer explicitement le niveau de modélisation adapté pour fournir une réponse conforme aux attentes de l'enseignant ou au fonctionnement de la physique. Cette explicitation aiderait les élèves à travailler dans un milieu proche de celui de l'enseignant.

Dans l'analyse des incitations à l'action, nous avons mis en évidence comment les éléments des situations proposées à l'étude sont perçus et reconstruits par les enseignants et les élèves en fonction des connaissances mobilisées (Amade-Escot *et al.*, 2009). Nous avons également opéré des distinctions entre les réponses dues aux effets de contrat didactique et les réponses directes aux incitations à l'action. Cette approche rejoint partiellement celle de la théorie de l'action conjointe en didactique (Venturini, 2012).

Les questions de la prépondérance des consignes orales sur les consignes écrites, et de celle de la première consigne sur les suivantes, ont été sommairement abordées ici et pourraient faire l'objet d'autres études, y compris pour des niveaux de classe différents. En effet, dans la séquence étudiée, l'enseignant n'a pas mis en œuvre une démarche d'investigation structurée. Les séances contiennent de nombreuses phases collectives orales durant lesquelles l'enseignant monopolise la parole et les élèves sont peu actifs, des consignes longues abondamment reformulées, et des étapes de la démarche d'investigation peu identifiables par les élèves. Une étude sur une séquence mettant en œuvre une démarche d'investigation plus structurée, avec des consignes clairement délimitées, des étapes identifiées, permettrait peut-être de mieux caractériser le passage entre l'incitation à l'action de l'enseignant et les actions des élèves.

NOTES

1. Projet d'une durée de trois ans, financé par l'Institut français de l'éducation.
2. Notre étude ne prend en considération que les consignes visant à faire produire une réponse aux élèves (orale ou écrite) en lien avec les objectifs d'enseignement (expliquer l'origine des phases de la Lune). Nous n'avons pas étudié les consignes relatives à la gestion de classe (organisation des groupes de travail, restitution à la classe...).
3. Dans les transcriptions, P désigne l'enseignant, E un élève de la classe, E1 et E2 sont les deux élèves filmés, Ee est utilisé quand plusieurs élèves répondent en même temps.
4. M^{me} M. est une autre enseignante de l'école
5. Une ligne courbe noire a été ajoutée sur la photo de la figure 4 (sur la boule de polystyrène) pour montrer la limite entre la partie cachée par le coton et la partie visible.
6. Le modèle-position est supposé avoir été présenté en CM1 et n'est pas rediscuté par l'enseignant dans cette séquence.
7. Nous faisons référence ici à la première incitation à l'action d'une suite qui forme un ensemble homogène (épisode).

RÉFÉRENCES

- Adam, J.-M. (2001a). Entre conseil et consigne : les genres de l'incitation à l'action. *Pratiques*, 111-112, 7-38.
- Adam, J.-M. (2001b). Types de textes ou genres de discours ? Comment classer les textes qui disent de et comment faire ? *Langages*, 141, 10-27.
- Amade-Escot, C., & Venturini, P. (2009). Le milieu didactique : d'une étude empirique en contexte difficile à une réflexion sur le concept. *Éducation & Didactique*, 3(1), 7-43.
- Bachelard, S. (1979). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles. Dans P. Delattre & M. Thellier (Éds.), *Élaboration et justification des modèles. Application en biologie* (p. 3-19). Paris : Maloine S.A.
- Barnett, M., & Morran, J. (2002). Addressing children's alternative frameworks of the moon's phases and eclipses. *International Journal of Science Education*, 24(8), 859-879.
- Bautier, E., & Goigoux, R. (2004). Difficultés d'apprentissage, processus de secondarisation et pratiques enseignantes : une hypothèse relationnelle. *Revue Française de Pédagogie*, 148, 89-100.

- Bécu-Robinault, K. (2004). Raisonnements des élèves et sciences physiques. Dans E. Gentaz & P. Dessus (Éds.), *Comprendre les apprentissages : sciences cognitives et éducation* (p. 117-132). Paris : Dunod.
- Bécu-Robinault, K. (2007). Connaissances mobilisées pour préparer un cours de sciences physiques. *Aster*, 45, 165-188.
- Bécu-Robinault, K. (2015). *Un cadre épistémologique pour concevoir des séances et analyser des pratiques d'étude et d'enseignement de la physique – Ancrages théoriques et résultats* (Note de synthèse pour l'Habilitation à diriger des recherches, université Toulouse Jean-Jaurès).
- Bécu-Robinault, K. (2016). Modèles implicites dans les consignes orales et écrites : une étude de cas en optique au collège. Dans C. Marlot & L. Morge (Éds.), *L'investigation scientifique et technologique : analyse didactique des situations* (p. 135-146). Presses universitaires de Rennes, collection Paideia.
- Bell, R., & Trundle, K. C. (2008). The use of computer simulation to promote scientific conceptions of moon phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 346-372.
- Boivin-Delpieu, G. (2015). *Déterminants de l'action professionnelle au sein de transactions didactiques : une séquence sur les phases de la Lune au cycle 3* (Thèse de doctorat, université Lyon 1).
- Boivin-Delpieu, G., & Bécu-Robinault, K. (2015). Influence des postures épistémologiques sur l'action professionnelle : les phases de la Lune au cycle 3. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 12, 25-58.
- Bordon, E., & Vaillant, P. (2011). Le statut du signe iconique entre iconicité et intertextualité. *VISIO, revue de l'Association Internationale de Sémiotique Visuelle*, 6(4), 57-74.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des Situations didactiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Calmettes, B. (2010). Analyse pragmatique de pratiques ordinaires ; rapport pragmatique à l'enseigner. Étude de cas : des enseignants experts en démarche d'investigation, en physique. *Recherches en Didactique des sciences et des Technologies*, 2, 235-272.
- Chastenay, P. (2013). *Conception et évaluation d'une séquence didactique à propos des phases de la Lune dans un planétarium numérique* (Thèse de doctorat, université de Montréal).
- Debars C., & Amade-Escot, C. (2006). Enseigner le badminton à une classe de primo arrivants : l'incidence du contexte ZEP (zone d'éducation prioritaire) sur la pratique d'intervention. *Revue eJRIEPS*, 9, 35-43.
- De Vries, E. (2007). *Représentation et technologie en éducation* (Habilitation à diriger des recherches, université Pierre-Mendès-France).
- Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine*. Berne : Peter Lang.
- Fillietaz, L. (2009). Les discours de consignes en formation professionnelle initiale : une approche linguistique et interactionnelle. *Éducation & Didactique*, 3(1), 91-119.
- Gaidioz, P., Vince, J., & Tiberghien, A. (2004). Aider l'élève à comprendre le fonctionnement de la physique et son articulation avec la vie quotidienne. *Bulletin de l'Union des physiciens*, 98(866), 1029-1042.
- Grieshaber, S. (2008). Interrupting Stereotypes: Teaching and the Education of Young Children. *Early Education and Development*, 19(3), 505-518.
- Halbwachs, F. (1974). *La pensée physique chez l'enfant et le savant*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- Heurley, L. (2001). Du langage à l'action : le fonctionnement des textes procéduraux. *Langages*, 141, 64-78.
- Johsua, S., & Dupin, J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : Presses universitaires de France.
- Jones, B., Lynch, P., & Reesink, C. (1987). Children's conceptions of the Earth, Sun and Moon. *International Journal of Science Education*, 9(1), 43-53.
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal teaching and learning. The rhetorics of the science classroom*. London and New York : Continuum.
- Le Maréchal, J.-F., & Bécu-Robinault, K. (2006). La simulation en chimie au sein du projet Microméga®. *Aster*, 43, 81-108.
- Marlot, C. (2014). Le processus de double sémiotisation au cœur des stratégies didactiques du professeur. Une étude de cas en découverte du monde vivant au cycle 2. *Revue Suisse des Sciences de l'Éducation*, 36(2), 307-332.
- Marlot, C., & Ligozat, F. (2011). La sémiotisation du temps dans des contextes d'enseignement préscolaires contrastés. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 4, 29-56.
- Marlot, C., & Morge, L. (2016). *L'investigation scientifique et technologique : analyse didactique des situations*. Presses universitaires de Rennes, collection Paideia.
- Martinand, J.-L., Astolfi J.-P., Chomat, A., Drouin, A.-M., Genzling, J.-C., Larcher, C., Lemeignan G., Méheut, M., Rumelhard, G., & Weil-Barais, A. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- Morge, L., & Boilevin, J.-M. (2007). *Séquences d'investigation en physique-chimie, Collège, Lycée*. Clermont-Ferrand : Scéren, CRDP d'Auvergne.
- Mortimer, E. F., Massicame, T., Tiberghien, A., & Buty, C. (2007). Uma metodologia para caracterizar os gêneros de discurso como tipos de estratégias enunciativas nas aulas de ciências, Dans R. Nardi (Org.), *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil : alguns recortes* (p. 53-94). São Paulo : Escrituras.
- Péry-Woodley, M. (2001). Modes d'organisation et de signalisation dans les textes procéduraux. *Langages*, 141, 28-46.
- Rivière, V. (2006). *L'activité de prescription en contexte didactique : analyse psycho-sociale, sémio-discursive et pragmatique des interactions en classe de langue étran-*

- gère et seconde (Thèse de doctorat, université Paris 3 – Sorbonne Nouvelle).
- Roald, I., & Mikalsen, O. (2000). What are the Earth and the Heavenly Bodies Like? A Study of Objectual Conceptions Among Norwegian Deaf and Hearing Pupils. *International Journal of Science Education*, 22(4), 337-355.
- Roald, I., Mikalsen, O. (2001). Configuration and dynamics of the Earth-Sun-Moon system: An investigation into conceptions of deaf and hearing pupils. *International Journal of Science Education*, 23(4), 423-440.
- Robin, O. (2015). *Analyse didactique des incitations à l'action et des actions des élèves dans le cadre d'une démarche d'investigation en sciences. Étude de cas : les phases de la Lune en classe de CM2* (Mémoire de master recherche en Histoire, philosophie et didactique des sciences, université Lyon 1).
- Santini, J. (2013). Une étude du système de jeux de savoirs dans la théorie de l'action conjointe en didactique. Le cas de l'usage des modèles concrets en géologie au Cours Moyen. *Éducation & Didactique*, 7(2), 69-94.
- Schneuwly, B. (2000). Les outils de l'enseignant, un essai didactique. *Repères*, 22, 19-38.
- Scott, P., Leach, J., Hind, A., & Lewis, J. (2006). Designing research evidence-informed teaching interventions. Dans R. Millar, J. Leach, J. Osborne & M. Ratcliffe (Eds), *Improving Subject Teaching: Lessons from Science Education Research* (p. 60-78). London : Routledge Falmer.
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir*. Bruxelles : De Boeck Supérieur.
- Sensevy, G., & Quilio, S. (2002). Les discours du professeur. Vers une pragmatique didactique. *Revue Française de Pédagogie*, 141, 47-56.
- Suzuki, M. (2003). Conversations about the moon with prospective teachers in Japan. *Science Éducation*, 87(6), 892-910.
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, 4, 71-87.
- Tiberghien, A. (2004). Causalité dans l'apprentissage des sciences. *Intellectica*, 38(1), 69-102.
- Tiberghien, A. (2011). Conception et analyse de ressources d'enseignement : le cas des démarches d'investigation. Dans M. Grangeat (Ed.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (p. 185-212). Lyon : INRP.
- Tiberghien, A., & Vince, J. (2005). Étude de l'activité des élèves de lycée en situation d'enseignement de la physique. *Cahiers du Français Contemporain*, 10, 153-176.
- Venturini, P. (2012). Action, activité, « agir » conjoints en didactique : discussion théorique. *Éducation & Didactique*, 6(1), 127-136.
- Venturini, P., & Tiberghien, A. (2012). La démarche d'investigation dans le cadre des nouveaux programmes de sciences physiques et chimiques : étude de cas au collège. *Revue française de pédagogie*, 180, 95-120.
- Vezin, J.-F. (1986). Schématisation et acquisition des connaissances. *Revue française de pédagogie*, 77, 71-78.
- Zhang, J., & Norman, D. (1994). Representations in distributed cognitive tasks. *Cognitive Science*, 18, 87-122.